

SKA進捗報告・計画



内容

1. SKAプロジェクトの状況
2. 国立天文台検討Gの状況
3. 日本の参加案の検討状況
4. まとめ



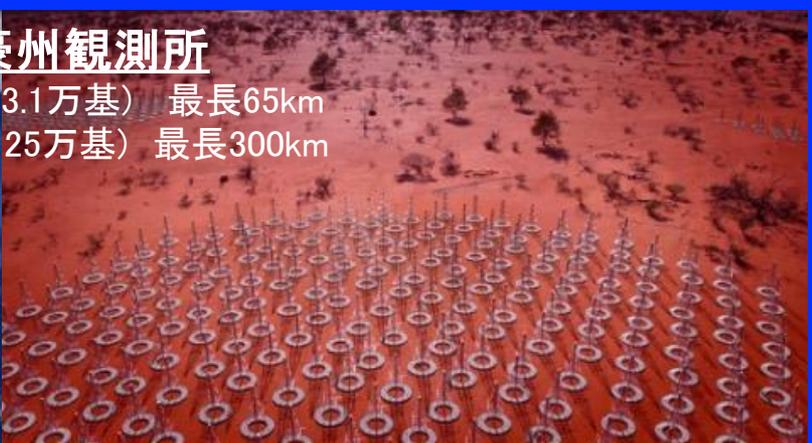
NAOJ SKA1 STUDY
GROUP

国立天文台SKA1検討グループ

小林秀行

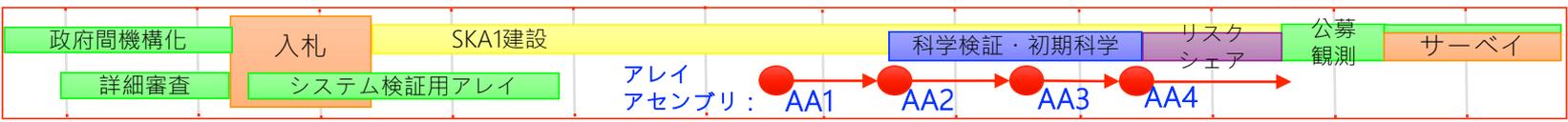
SKA計画の全体像とスケジュール

**SKA天文台は
本部 + 2観測所**



2018 2019 2020 2021 2022 2023 2024 2025 2026 2027 2028 2029 西暦

SKA
工程表



18	64	256	512	LOW
8+0	64+0	120+8	133+64	MID (SKA+MeerKAT)

SKAで挑む天文・宇宙物理の地平線

宇宙再電離

第一世代星の質量は？
宇宙再電離はどのように進んだ？

重力理論

背景重力波は存在する？
アインシュタイン重力理論は正しい？

突発天体

FRBの起源は何？
重力波はどこから来た？
宇宙人はいる？

天の川銀河

ダークガス問題は解決？
銀河中心より向こう側はどうなっている？

銀河進化・宇宙論

銀河の水素量はどのくらい？
原始に宇宙の非ガウス性はあった？

宇宙磁場

磁場と乱流の宇宙進化は？
ミッシングバリオンは見つかる？

AGN

ジェットの構造は？
ブラックホールの成長とフィードバックの歴史は？

星惑星形成

原始惑星系円盤の氷雪帯内の構造は？
系外にアミノ酸は存在？

SKA1はこれらに先鞭をつける**2020年代**の**大型電波計画**

SKA先駆機を使った準備研究がすでに始まっている

MWA/LOFAR
100 MHz

ASKAP/Parkes/MeerKAT
1 GHz

JVN
6.7/8 GHz

KaVA/EAVN
22 GHz

SKA協会
(登録210名, 実働70名)
理論家が中心

SKA
波及

VLBI懇談会
(登録150名, 実働30名)
観測家が中心

コミュニティ

Construction Plan (CP), Observatory Establishment and Delivery Plan (OEDP)の承認

■9月16日の理事会で承認された。



SKA-BD-34-07c
Paper for Endorsement



SKAO ESTABLISHMENT & DELIVERY PLAN	
Document Number	SKA-TEL-SKO-0001722
Document Type	PLN
Revision	02
Author	L. Ball et al.
Date	2020-09-03
Document Classification	FOR PROJECT USE ONLY
Status	Draft

Name	Designation	Affiliation	Signature	
Authored by:				
Lewis Ball	Director of Operations	SKA Office	Date:	
Owned by:				
Lewis Ball	Director of Operations	SKA Office	Date:	
Approved by:				
Lewis Ball	Director of Operations	SKA Office	Date:	
Released by:				
P.J. Diamond	Director General	SKA Office	Date:	

Document No.: SKA-TEL-SKO-0001722
Revision: 02
Date: 2020-09-03

FOR PROJECT USE ONLY
Author: L. Ball et al.
Page 1 of 192

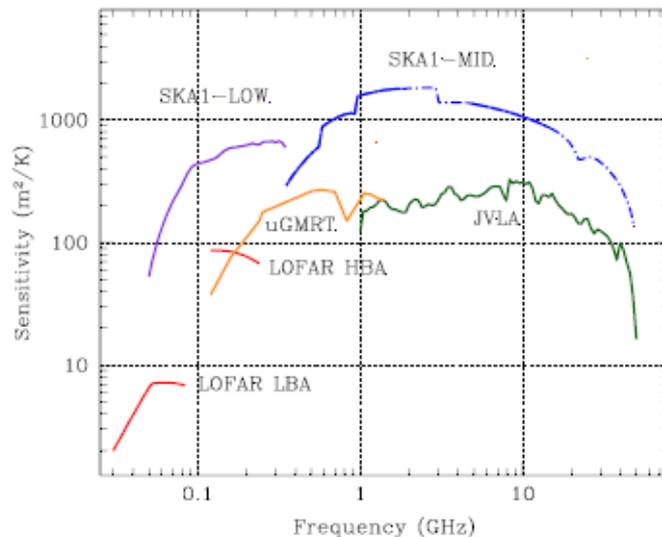
基本仕様 (Baseline designに戻る)

Selected SKA-Low Performance Parameters

Selected SKA-Low Performance Parameters	
Aperture Arrays	
Lower Frequency	50 MHz
Upper Frequency	350 MHz
Number of antennas per station	256
Station Effective Diameter*	38 m
Number of stations	512
Total physical aperture	$5.8 \times 10^5 \text{ m}^2$
Station Beam Forming	
Number of beams	1 – 384
Max. bandwidth per beam	300 MHz
Max. no. of antennas per beam	256
Signal Processing System	
Max. no. frequency channels	55296
Standard Frequency Resolution	5.4 kHz
Max. Frequency Resolution	226 Hz
Complex Correlations	2.9×10^{10}
Integration Time	0.9 s
Array Beam Former	
Maximum number of beams:	
Pulsar Search	500
Pulsar Timing	16
VLBI	4
Max. Total Bandwidth:	
Pulsar Search	118 MHz
Pulsar Timing	300
VLBI	300

Selected SKA-Mid Performance Parameters

Selected SKA-Mid Performance Parameters	
Aperture	133 x 15-m (equiv. dia.) offset Gregorian reflectors Plus 64 x 13.5-m (equiv. dia.) offset Gregorian reflectors
Antenna RF System	Freq. Range (GHz)
Band 1	0.35 – 1.05
Band 2	0.95 – 1.76
Band 5a	4.60 – 8.50
Band 5b	8.30 – 15.30
Continuum Sensitivity	
SEFD (each antenna, Stokes I)	A_e/T_{sys}
Band 1 (0.35 – 0.65 GHz)	2.1 m^2/K
Band 1 (0.65 – 1.05 GHz)	4.2 m^2/K
Band 2	10.9 m^2/K
Band 5a	8.8 m^2/K
Band 5b	6.5 m^2/K
Signal Processing System	
Correlator	
Max. no. frequency channels	65536
Max. Frequency Resolution	0.21 kHz
Standard Frequency Resolution	13.75 kHz
Complex Correlations	5.0×10^9
Minimum integration Time	0.14 s
Array Beam Former	
Maximum number of beams:	
Pulsar Search	1500
Pulsar Timing	16
VLBI	4
Total Bandwidth:	
Pulsar Search	300 MHz
Pulsar Timing	20 GHz
VLBI	2 x 2.5 GHz



○SKAO IGO(国際機関)の設立

- 条約調印(2019年2月)以降、オーストラリア、中国、インド、イタリア、オランダ、ポルトガル、南ア、スウェーデン、イギリスでの批准手続きが進んでいる。2019年8月6日にオランダが最初に批准した。(7か国の批准がIGO発足条件)
- 2020年内に正式にIGOが発足できる見込み、そのため移行作業を急いでいる。**そのなかで将来参加の可能性ある国(現在ボードオブザーバ、日本含む)に具体的な参加計画を求められている。**

Ratification Schedule – July 2020

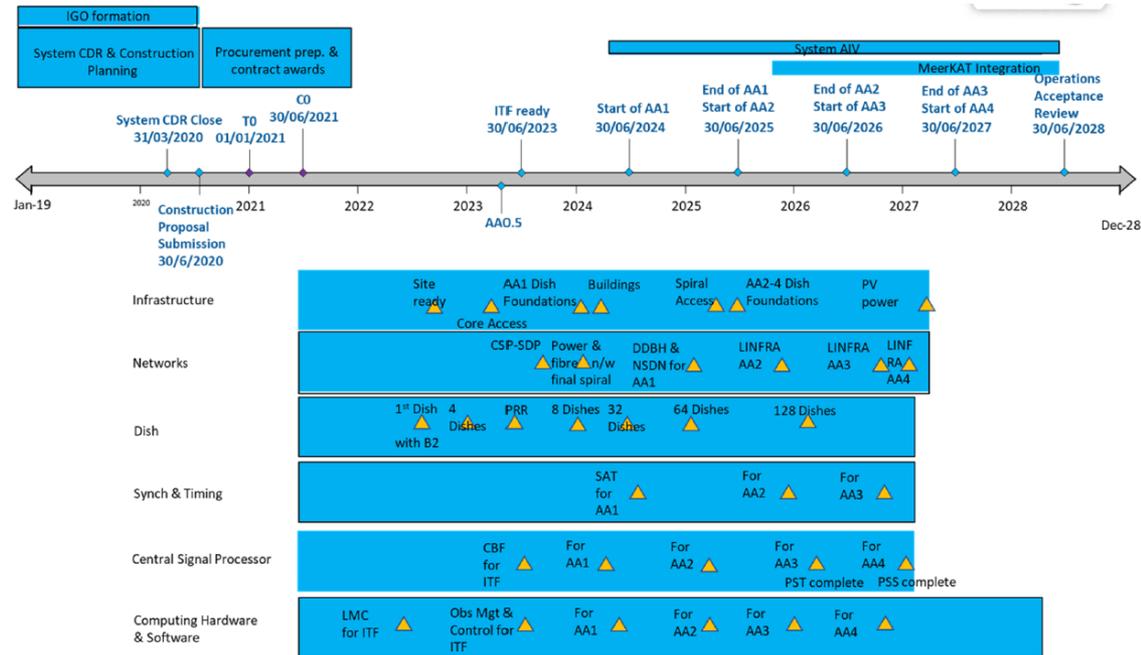
Member	Council 1??							
	Q3 2019	Q4 2019	Q1 2020	Q2 2020	Q3 2020	Q4 2020	Q1 2021	Q2 2021
Australia					•			
China					•			
India								•
Italy				✓				
Netherlands	✓							
Portugal					•			
South Africa				✓				
Sweden					•			
United Kingdom					•			

Exploring the Universe with the world's largest radio telescope



○スケジュール

- 2019年10月 Deployment baseline designからBaseline designに戻す
- 2019年12月 System CDR
- 2020年役割・経費分担の調整
- 2020年9月 建設計画 (CP:Construction Proposal) 運用計画 (OEDP:Observatory Establishment and Delivery Plan)の提案
- 2021年建設開始
- 2024年からSystem AIV, Science Commissioning



Key project milestone	Designation	LOW Telescope	MID Telescope
Start of construction	T0	1 st July 2021	1 st July 2021
Earliest start of major contracts	CO	August 2021	August 2021
Operations Acceptance Review	OAR	January 2028	December 2027
End of Construction		July 2029	July 2029

Selected Level 1 milestone completion dates

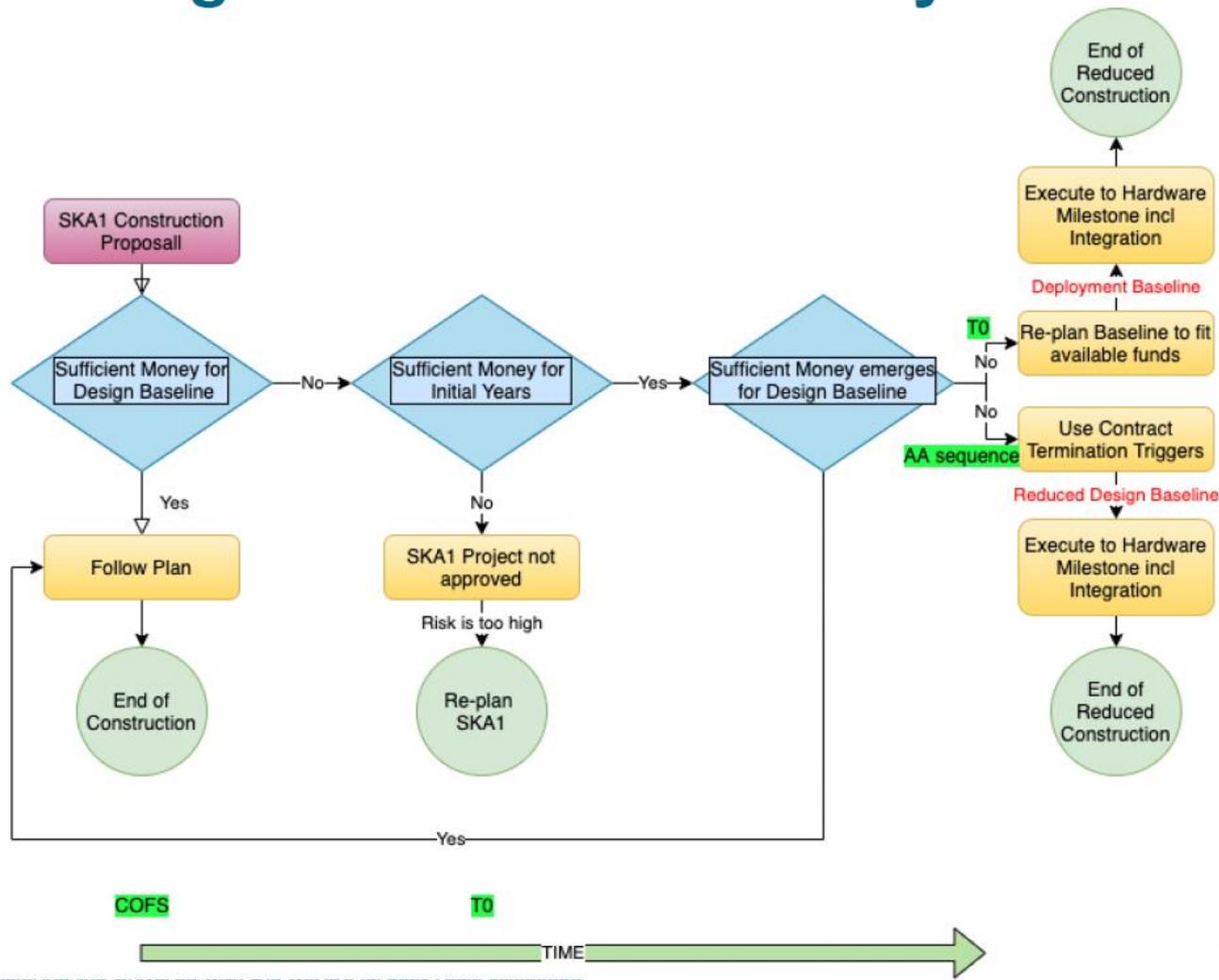
Total cost

Design Baseline	Sept 2020 submitted	Provided through annual contributions			
Total Value (€M) (Aug 2020)	Capital cost of construction (€M)	Construction Support Budget (€M)	Observatory Operations & Business-Enabling Functions (€M)	Observatory Development Programme (€M)	Funding Period
	1054	228			
1986	1282		664	40	2021-2030



建設経費の増とtime profileについて調整を行っている。特に建設開始当初(2021-2023)の予算分担計画を調整中(日本にもin-kindな貢献を求められている)

Funding Scenarios/Resiliency



建設の分担案

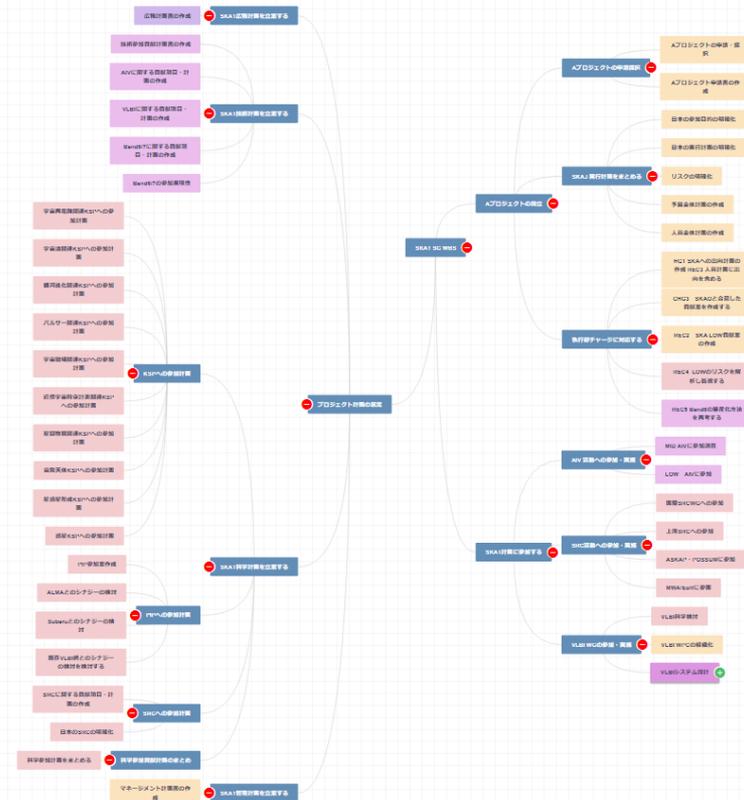
Contract	Tier 1 Lead	Status	Other Participating Countries	Contract type
Low Infrastructure	Australia	Conditional	-	ECCs
Low Infrastructure PSC	Australia	Conditional	-	PSC
Low Field Node	Italy	Conditional	Australia, United Kingdom	PSC, ECC (SC)
Low <u>Digitisation</u>	Italy	Conditional	Australia, India, United Kingdom, Netherlands	PSC, ECC (SC)
Low AIV PSC	Australia	Conditional	Japan, Netherlands	PSC
Low CSP	Netherlands	Conditional	Australia	ECC
Low Clocks	United Kingdom	Conditional	Switzerland	ECC
Low Timing	United Kingdom	Conditional	China, Spain	ECC
Mid Infrastructure	South Africa	Conditional	-	ECCs
Mid Infrastructure PSC	South Africa	Conditional	-	PSC
Mid Dish Structure	China	Conditional ¹	Italy, South Africa, Spain, Germany	ECC (SC)
Mid Dish PSC	South Africa	Conditional	-	PSC
Mid <u>Digitisation</u>	Sweden	Provisional ¹	Canada, France, South Africa	ECC
Mid AIV PSC	South Africa	Conditional	Japan and Portugal	PSC
Mid CSP	Canada	Conditional	TRD	ECC
Mid Clocks	United Kingdom	Conditional	Switzerland	ECC
Mid Timing	United Kingdom	Conditional	Australia, Spain	ECC
Mid <u>Cryo</u>	United Kingdom	Conditional ¹	(France, Germany)	ECC
MID SPF Services	South Africa	Conditional	-	ECC (SC)
Mid Band 1 SPF	Sweden	Conditional	India, Spain	ECC
Mid Band 2 SPF	South Africa	Conditional	-	ECC
Mid Band 5 SPF	United Kingdom	Conditional ¹	Sweden, (France, Portugal, Spain)	ECC
Low SPC	France	Conditional ²	-	ECC (PSC)
Mid SPC	France	Conditional ²	-	ECC (PSC)
Low Networks	Unallocated	-	-	ECC
Mid Networks	Portugal	Conditional ²	-	ECC (PSC)
OMC	India	Conditional	Italy, Portugal, South Africa, United Kingdom	PSC
SDHP	United Kingdom	Conditional	Australia, China, Germany, India, Italy, Netherlands, Portugal, South Africa	PSC
Low CPF	United Kingdom	Conditional ²	-	ECC (PSC)
Mid CPF	United Kingdom	Conditional ²	-	ECC (PSC)
MeerKAT Integration	South Africa	Conditional	-	PSC

SKA1 検討グループへのチャージ

- 期間: 約3年(2022年3月末まで)
- 検討リーダー: 小林 秀行
- チャージ - 重要課題
 1. 期間内に、審査報告書[RD01]で指摘された要旨3点を解決し、条件付処理事項5点をクローズする。(補足)
 - ① The Project should make a personnel transfer plan to foreign organizations in which a significant fraction of permanent staff are transferred to and indeed a few permanent staff should have been transferred by the end of the period.
 - ② The Project should make a staffing plan which describes contributions to SKA1 by in-kind staffing contribution from Japanese universities through NAOJ, which should be approved by SKA headquarter.
 - ③ The Project should consider the change of the contribution with radio receivers if the proposers wish to continue this project after the end of the period. The Panel recommends that Band 5c receivers which the proposers wish to plan should be changed to those with other receiver band(s) or other instrument(s) or more in-kind contributions which strongly link to scientific motivations of Japanese science community.
 1. 国立天文台承継職員のSKA本部もしくは現地への派遣計画を作成し、実際に幾人か承継職員が期間内に派遣される。
 2. 大学の人的貢献が国立天文台の貢献の一部としてSKA本部により合意され、それらの貢献も含めた計画を作成する。
 3. 台長が追加で定める特別なチャージを実行する。

- AIV (Assembling, Integration and Verification) とSV (Science Validation) への参加
- SRC (Science Regional Center) への参加
- SKA-VLBI WG (Development Program) への参加
- Band6/7の技術検討への参加
- 各Key Science Programへの参加

■ 2021年9月末の提案を目指す!



■何がGive and Takeか？

- 貢献 Cash, In-kind, Manpower
 - ✓ Cash: SKAO management経費
 - ✓ In-kind: Subsystemの建設
 - ✓ Manpower: 設計・製作・試験
 - ✓ 70%のreturn (拠出金の70%以上をその国で支出)
- 獲得 観測時間、Presence
 - ✓ 観測時間
 - Key ScienceのPI, sub-PI, Memberとしての参加
 - Open 時間への参加 (メンバ時間)
 - ※ 本来の意味のopen sky は全体の5%
 - 観測時間の配分は、**貢献割合に比例する**
 - ✓ Presence
 - Science collaboration
 - Engineering collaboration

■主にTelescope AIVへの参加

- 全体をアッセンブルした機能・性能の評価
- SWとのインテグレーション

■Science Validationへの参加

- 観測性能、キャリブレーション性能の達成、実証試験

■Low Midともに2020年からIn-kindの参加

- LOW PSI 河野
- MID PSIにも求められている。

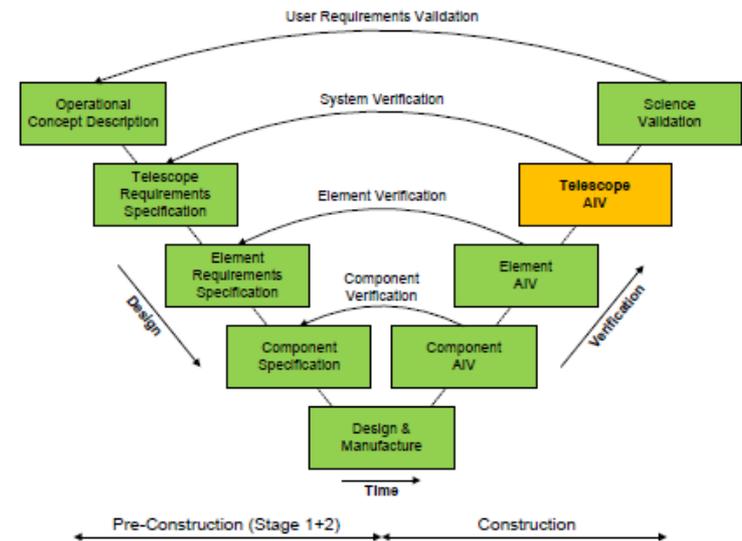


Figure 1: V-Diagram showing top-down design and bottom-up verification.

○SRC検討WGへの参加(赤堀、広田)

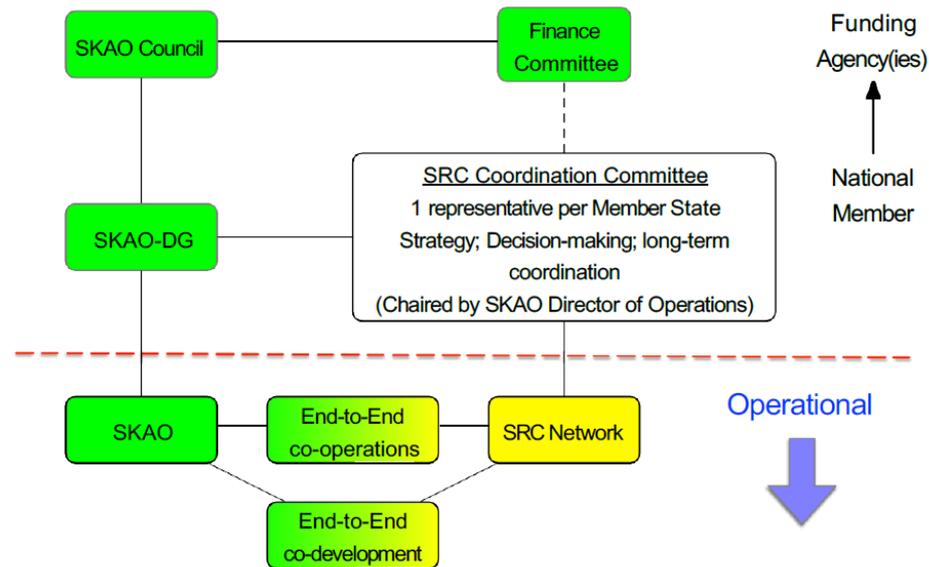
- 要求要件、機能、分担の検討
- 国際協力開発体制の検討

○中国(上海天文台)との2国間協力

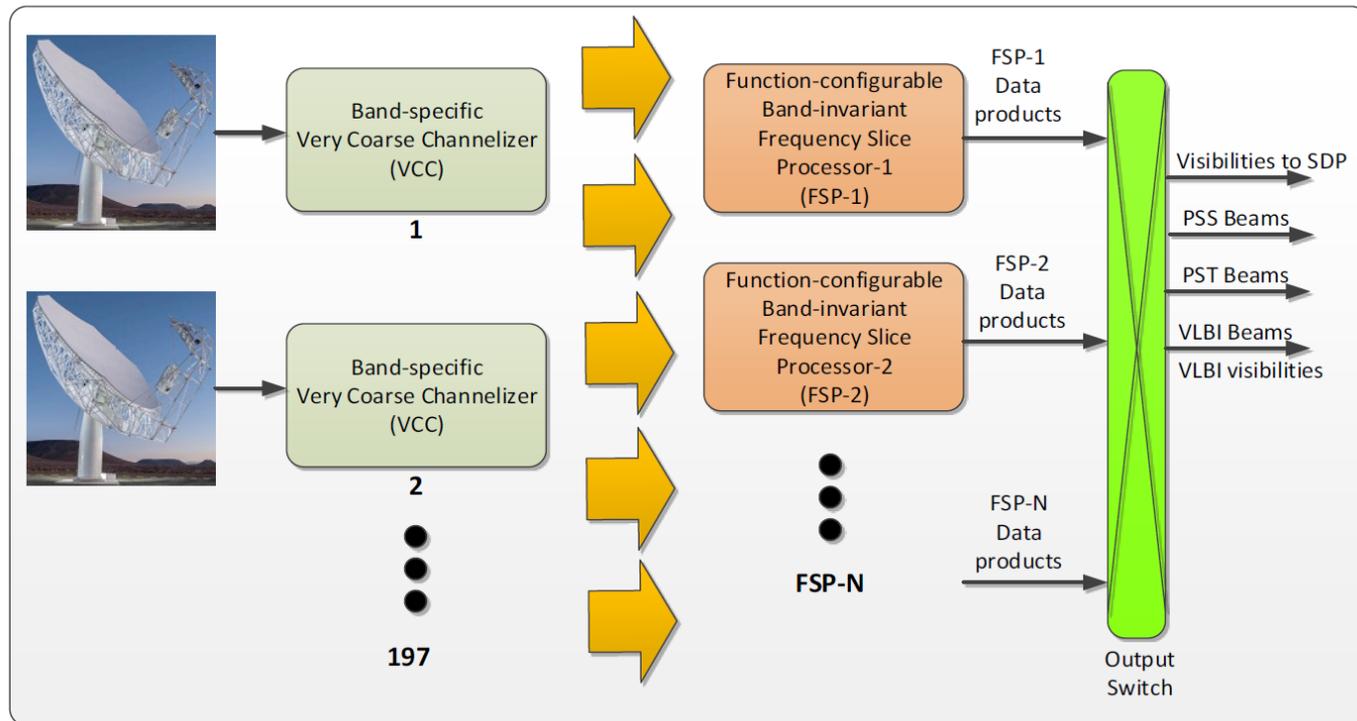
- 上海・水沢研究協力協定にSRCに関する協力
- 2019年5月に東アジアSKAサイエンスWSの開催(学振:2国間セミナー)
- MWAを用いた研究での協力

○国内でのSRC 検討グループの組織と検討

- データ解析エキスパート、ALMA ARC, ソフトウェアエンジニアなどで構成



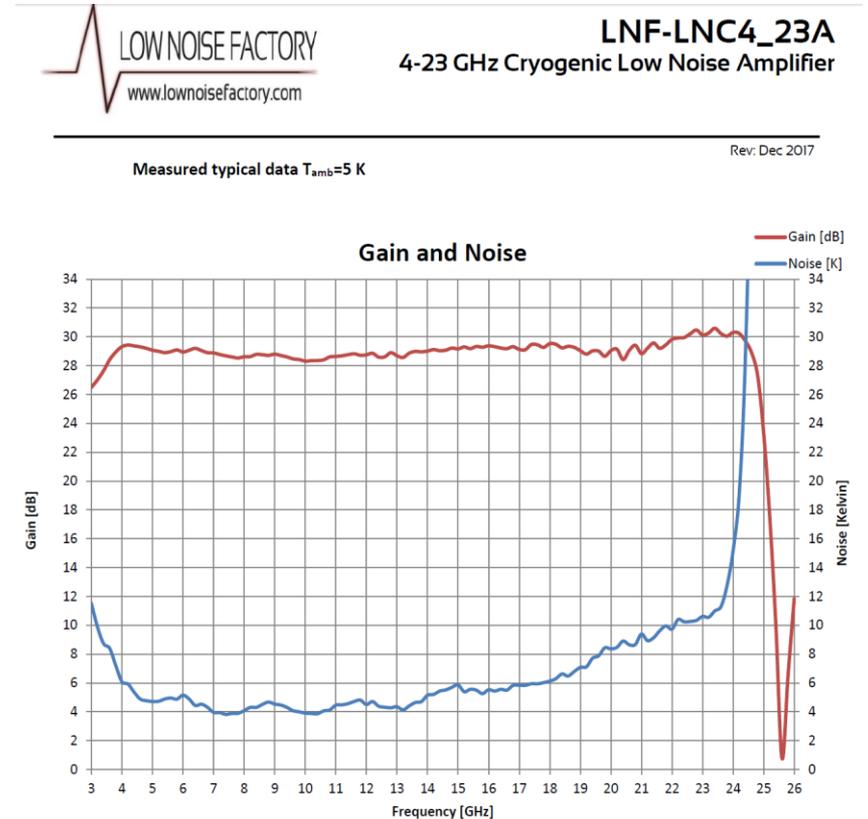
- CSP(相関器、分光器、パルサーゲーティング)から **VDIF**で出力
- 2.4GHz BW x 2pol X 4beams X 2bit =80 Gbps
- 運用システム (TANGO)での運用系の開発



■検討課題

- Band6+7 (15–50GHz)
- 要求要件
 - ✓ $T_{\text{sys}} < 15\text{K}$
 - ✓ $T_{\text{spill}} = 3\text{K}$ $T_{\text{feed}} = 2\text{K}$
 - $T_{\text{rx}} < 10\text{K}$

■Advanced Single Pixel Feed Receiver (ASPFR) の検討Gに参加



■各分野のKey scienceの議論が進んでおり、参加している。

■2019.9 SKA-JP WS

■日本版 SKA サイエンスブック
(2020)の出版

- 日本の貢献すべきサイエンスの課題の抽出

■日本のKey science貢献の体制・予備研究・予算のストラテジの検討

- 2021年1月のSKA Science WS@Cape Town、南アへの積極参加
- SKA データチャレンジ(HIデータ、銀河進化)への参加



日本版
Square Kilometre Array
サイエンスブック



日本SKA コンソーシアム
科学検討班
2020

http://ska-jp.org/SKAJP_Science_Book_2020.pdf

■共同開発、共同研究

- 人的な貢献の期待 (AIV, SC, SRC)
- 競争的資金の共同での獲得
- 参加した研究者へのリターンの検討
 - ✓ 従来の共同利用の方法をそのまま適用できない
 - ✓ 共同研究拠点としての国立天文台の役割？

■サイエンス戦略の議論

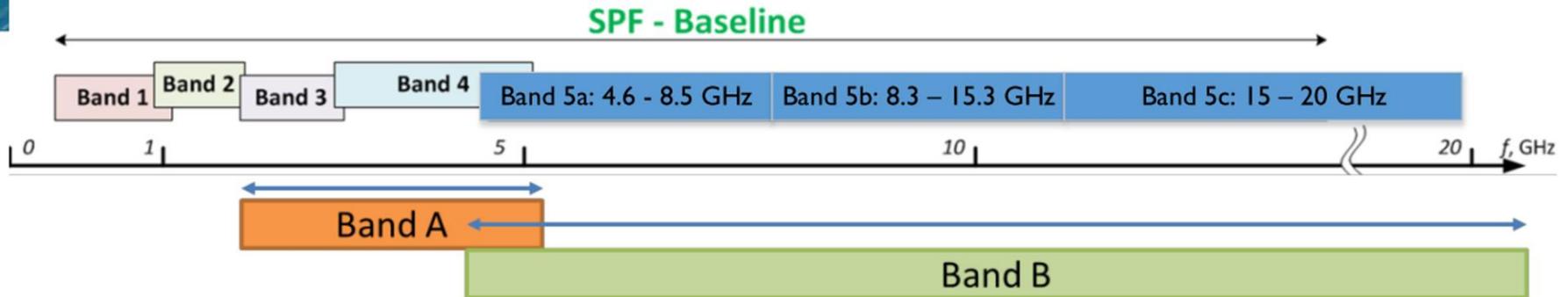
- キーサイエンスにどのように参画するか？
- キーサイエンスにチームで参加か、個別に参加か？
- チームビルドをどのように進めるか？

- SKA1は2021年から建設の開始、2024年から部分観測の実施
- 検討グループの設立、チャージを受けた活動計画
- SKA-1への日本の貢献案
 - AIV/SVへの参画
 - SRCへの要求要件、具体化の検討
 - Key Science Programへの参加
 - SKA VLBI WGに参加
 - Band6技術検討
- 観測時間は貢献に比例
 - 貢献割合(例えば3%)に応じた観測時間
 - 各国(中国など)との共同研究の創出
- 課題
 - プロジェクトプランの策定、プロジェクト提案、設立、予算の獲得
 - 役割の具体化
 - 技術的なFeasibilityと予算精度の向上
 - Science promotionの方針・戦略



Backup

日本の参加 (受信機)



➤ Sensitivity requirement (Goal)

- Band A (1.6 – 5.2 GHz) : **6.5 m²/K** ($\eta \approx 78\%$)
- Band B (4.6 – 24 GHz): **6.1 m²/K** from 4.6 – 13.8 GHz ($\eta \approx 70\%$)
4.7 TBC m²/K from 13.8 – 20 GHz ($\eta \approx 65\%$)
3.5 TBC m²/K from 20.0 – 24 GHz ($\eta \approx 60\%$)
- Polarization (IXR) better than 15 dB over HPBW

➤ Sampled Bandwidth

- Band A: 1 x 3.6 GHz @ 12 GSPS for each pol., 6 bit
- Band B: 2 x 2.5 GHz @ 50 GSPS for each pol., 3 bit